

**Univerzita Karlova v Praze**

Přírodovědecká fakulta  
Ústav pro životní prostředí

Ekologie a ochrana prostředí

Ochrana životního prostředí



## Perspektivy rozvoje jaderné energie v Arménii

*Prospects of the development of nuclear energy in Armenia*

Zpracoval: Rafajel Grigorjan

Školitel: RNDr. Rudolf Přibil, CSc.

Srpen, 2016

### **Poděkování:**

Zejména bych chtěl poděkovat svému školiteli RNDr. Rudolfu Přibilovi, CSc. za jeho cenné rady a vlídný přístup, dále bych chtěl poděkovat všem, kteří mě podporovali a chápavě se zachovali ke skutečnosti, že se jim nemohu dostatečně věnovat.

### **Prohlášení:**

Prohlašuji a svým podpisem stvrzuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Rudolfa Přibila, CSc. s použitím uvedené odborné literatury a že tištěná verze je totožná s elektronickou verzí vloženou do SIS.

V Praze dne

.....

podpis

## **Abstrakt**

Tato práce pojednává o perspektivách světové jaderné energetiky a zejména té arménské. Analyzuje problémy a perspektivy pro arménskou energetiku, které by představoval vstup Arménie do asociace s EU, nebo do Euroasijské celní unie (EACU).

Obecně porovnává různé typy elektráren dle míry jejich emise skleníkových plynů.

Vyobrazuje mezinárodní pohled na Arménskou jadernou elektrárnu.

Odhaluje, že odstávka obou reaktorů (Arménie-1 a Arménie-2) byla spíše politickým krokem než nezbytností pro ochranu obyvatelstva před následky možné havárie.

Poskytuje předpoklad seizmické a sopečné činnosti v blízkosti Arménské jaderné elektrárny.

Charakterizuje spolupráci Arménie s Ruskem a Íránem v oblasti energetiky.

Dotýká se strategie energetické bezpečnosti Arménie a teoretických následků její absence.

Popisuje ekonomicko-technologické faktory pro realizaci stavby jaderných elektráren.

Klíčová slova: Arménie, jaderná elektrárna, jaderná energie, Arménie-Rusko, Arménie-Írán, Arménie-EU, Arménie-EACU

## **Abstract**

This paper discusses prospects of world nuclear energy and with the respect to the Armenian.

It analysis the problems and prospects concerning the Armenian energy, which would represent the entry of Armenia to the association with the EU, or to the Eurasian Customs Union (EACU) and characterizes the international opinion about Armenian nuclear power plant.

One of the chapters generally compares different kinds of power plants from the point of view of their greenhouse gas emissions.

This bachelor's thesis reveals that the shutdown of both units (Armenia-1 and Armenia-2) was rather political step than a necessity to ensure safety of population against the consequences.

The paper discusses the seismicity and volcanic activity near the Armenian nuclear power plant.

Few paragraphs cover the further co-operation of Armenia with Russia and Iran in the energy field.

The main idea of this paper is connected with the energy safety strategy of Armenia and possible consequences of its obvious absence.

It also describes the economic and technological factors, which play decisive role in construction of power plant.

Key words: Armenia, nuclear power plant, nuclear energy, Armenia-Russia, Armenia-Iran, Armenia-EU, Armenia-EACU

# Obsah

Zkratky .....	7
1 Úvod .....	8
2 Minulost, současnost a možná budoucnost Arménské jaderné elektrárny .....	9
2.1 Minulost: Arménie-1 .....	9
2.2 Současnost: Arménie-2 .....	10
2.3 Perspektivy vybudování nových bloků AJE .....	11
3 Charakteristika reaktoru VVER-440 (Arménie-2) .....	11
4 Princip práce JE .....	13
4.1 Štěpení pomalými neutrony .....	13
5 Další zdroje energie .....	14
5.1 Obnovitelné zdroje .....	14
5.1.1 Vodní energie .....	15
5.1.2 Větrná energie .....	17
5.1.3 Solární energie .....	17
5.1.4 Geotermální energie .....	17
5.2 Neobnovitelné zdroje energie .....	18
5.2.1 Tepelná energie .....	18
6 Obecné srovnání typů elektráren .....	19
6.1 Tepelná elektrárna .....	19
6.1.1 Oxid uhličitý (CO <sub>2</sub> ) .....	20
6.1.2 Oxid siřičitý (SO <sub>2</sub> ) .....	20
6.1.3 Oxidy dusíku (NO <sub>x</sub> ) .....	20
6.1.4 Aerosoly .....	21
6.2 Jaderná elektrárna .....	21
6.2.1 Radioaktivní odpad .....	21

6.3	Elektrárny využívající obnovitelné zdroje .....	22
6.3.1	Solární elektrárna .....	22
6.3.2	Větrná elektrárna .....	23
6.3.3	Vodní elektrárna .....	23
7	Mezinárodní pohled na AJE.....	24
8	Minulost a současnost arménské energetiky .....	26
9	Energetika Arménie v rámci asociace s EU: problémy a perspektivy .....	32
9.1	Arménsko-íránská spolupráce .....	32
9.2	Jaderná energetika .....	33
9.3	Třetí energetický balíček.....	35
10	Energetika Arménie v rámci Euroasijské celní unie: problémy a perspektivy .....	36
11	Jaderná energie ve světě .....	37
12	Ekonomicko-technologické aspekty jaderné energetiky .....	39
13	Sopečná aktivita v oblasti AJE .....	43
14	Závěry .....	45
15	Literatura a odkazy .....	46

## **Zkratky**

**AJE**= Arménská jaderná elektrárna (oficiální název: Mecamorská jaderná elektrárna)

**AJRÚ**= Arménský jaderný regulační úřad

**BWR**= varný reaktor (anglicky: boiling water reactor)

**EACU**= Euroasijská celní unie (rusky: Евразийский таможенный союз)

**GCR**= reaktor chlazený plynem (anglicky: gas-cooled reactor)

**HLW**= vysoce radioaktivní odpad (anglicky: high-level waste)

**HTE**= Hrazdanská tepelná elektrárna

**IAEA**= Mezinárodní agentura pro jadernou energii (anglicky: International Atomic Energy Agency)

**ILW**= středně radioaktivní odpad (anglicky: intermediate-level waste)

**JTE**= Jerevanská tepelná elektrárna

**LLW**= nízko radioaktivní odpad (anglicky: low-level waste)

**LWGR**= lehkovodní grafitový reaktor (anglicky: light water graphite reactor)

**LWR**= lehkovodní reaktor (anglicky: light water reactor)

**MEPZ AR**= Ministerstvo energetiky a přírodních zdrojů Arménské republiky

**MSK-64**= Medvěděvova-Sponheuerova-Kárníkova stupnice (64 odpovídá roku 1964, kdy byla tato stupnice vymyšlena Sergejem Medvěděvem (SSSR), Wilhelmem Sponheurem (NDR) a Vítem Kárníkem (ČSSR))

**OECD**= Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (anglicky: Organization for Economic Co-operation and Development)

**PHWR**= těžkovodní reaktor (anglicky: pressurized heavy water reactor)

**PWR**= tlakovodní reaktor (anglicky: pressurized water reactor)

**RB OSN**= Rada bezpečnosti Organizace spojených národů

**VTE**= Vanadzorská tepelná elektrárna

**VVER-440**= vodo-vodní energetický reaktor (rusky: **ВВЭР-440**= водо-водяной энергетический реактор), 440 je typová řada

## 1 Úvod

Arménie je mostem spojujícím Evropu s Asií. Přestože se geograficky nachází v Asii, je s Evropou kulturně spjatá prostřednictvím křesťanství. Před 2000 lety byla jedním z nejmocnějších států Blízkého východu společně s Římskou a Perskou říší. Dnes je Arménie nezávislou, demokratickou republikou s antickou minulostí, bohatou kulturou a nádhernou přírodou. Panují zde subtropické klimatické podmínky s horkými léty a studenými zimami. Arménie je územně nejmenším státem v Zakavkazsku. Je to vnitrozemský stát s 3 miliony obyvatel o rozloze 29 743 km<sup>2</sup>. Nachází se na Arménské vysočině, což je hornatá oblast s malými lesy a rychle tekoucími řekami. Na východě a jihozápadě sousedí Arménie s Ázerbájdžánem, na severu s Gruzií, na jihu s Íránem a na západě s Tureckem. Arménie využívá jako zdroj pro výrobu elektrické energie ropu, zemní plyn, uhlí, jadernou a vodní energii (Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2014). Od roku 1976 silně spoléhá na jadernou energii (Nuclear power in Armenia, 2015). Oficiální název jaderné elektrárny v Arménii je jaderná elektrárna Mecamor, její název je odvozena od názvu vesnice Mecamor, která se nachází v blízkosti JE. Navzdory oficiálnímu názvu se spíše vžil název Arménská jaderná elektrárna, kterou používají i autoři odborných prací. Ze dvou reaktorů Arménské jaderné elektrárny (AJE) je v dnešní době v provozu pouze reaktor Arménie-2 (VVER-440) o instalovaném výkonu 407,5 MW. Arménie-2 měla být uzavřena v roce 2017, avšak v říjnu 2012, bylo rozhodnuto o prodloužení životnosti reaktoru ještě na dalších 10 let (Arménie-2 má být v roce 2027 uzavřena) (Government extends service life of Metsamor NPP for another ten years, 2012). V květnu 2014 arménská vláda schválila založení společného s Ruskem podniku na výstavbu dalšího reaktoru (Arménie-3), ten by měl být dokončen do roku 2023. Spotřeba celkové energie na hlavu je cca 2400 kWh/rok (v období 2008-2012 vzrostla spotřeba o 2 %) (Abovyan & Arzumanyan, 2014). Primárním zdrojem energie je zemní plyn dovážený z Ruska.



## **2 Minulost, současnost a možná budoucnost Arménských jaderných elektráren**

### **2.1 Minulost: Arménie-1**

O výstavbě jaderné elektrárny v Arménii rozhodla Rada ministrů SSSR, tomu odpovídající nařízení bylo vydáno v září 1966. V roce 1968 arménská větev ústavu Elektroset'projekt dokončila předběžné studie proveditelnosti stavby AJE. Technické specifikace návrhu AJE byly vyvinuty společností Teploelektroprojekt v roce 1968 a schváleny v srpnu 1969 usnesením Ministerstva energetiky SSSR. Bylo vytipováno více než 20 míst pro eventuální stavbu AJE, nakonec byla vybrána západní část Araratského údolí. Kvůli seizmické povaze místa, kde se nachází AJE, došlo u obou reaktorů (Arménie-1 a Arménie-2) nejen k významným konstrukčním změnám, ale i ke změnám v návrhu reaktorů jako takových. Modifikovaným reaktorům typu VVER-440/V230 byla přidělena identifikace V270. V roce 1981 byl zpracován technickoekonomický podklad pro další rozšíření plochy elektrárny pro druhou fázi s předpokladem potřeby centrálního vytápění pro Jerevan. Technickoekonomický podklad byl schválen a koordinován všemi příslušnými organizacemi. V důsledku tragické havárie na Černobylské JE byl tento projekt zastaven.

Oba reaktory (Arménie-1, Arménie-2) byly v provozu do roku 1989. V roce 1995 byla znovu zprovozněna pouze Arménie-2.

U Arménie-1 šlo o reaktor VVER-440, model V230/270 s instalovaným výkonem 407,5 MW. Stavba tohoto reaktoru byla zahájena v roce 1969, sám reaktor byl zprovozněn v roce 1976 (komerčně v provozu od 6. 10.1977), počátečního kritického stavu dosáhl 22. 12.1976 a definitivně odstaven byl 25. 2.1989. Stavba reaktoru Arménie-1 byla provedena na základě projektu stavby reaktorů Voroněž-3 a Voroněž-4 (An Energy Overview of the Republic of Armenia, 2002; Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2014).

## 2.2 Současnost: Arménie-2

V současnosti je v provozu pouze reaktor Arménie-2. Jde o reaktor typu VVER-440 model V230/270 s instalovaným výkonem 407,5 MW. Stavba tohoto reaktoru byla zahájena v roce 1975 (dostavěn v roce 1976), reaktor byl zprovozněn v roce 1980 (komerčně v provozu od 3. 5.1980), počátečního kritického stavu dosáhl 5. 1.1980 a odstaven byl 18. 3.1989. O opětovném zprovoznění reaktoru se rozhodlo v dubnu 1993 (uskutečnilo 5. 11.1995). V roce 1995 byla Arménie-2 prověřena a licencována na 92 % (375 MW) z maximálního výkonu (407,5 MW). Plánovaná životnost reaktoru Arménie-2 je 30 let s možností prodloužení. Elektrická energie vyrobená Arménii-2 v roce 2014 představovala 31 % (2,3 TWh) z celkové elektrické energie vyrobené na území Arménie. V roce 2012 bylo na území Arménie vyrobeno celkem 8,04 TWh elektrické energie, z toho 2,31 TWh bylo vyrobeno AJE, 2,32 TWh vodními elektrárnami a 3,4 TWh tepelnými elektrárnami a 0,1 TWh ostatními elektrárnami (An Energy Overview of the Republic of Armenia. 2002; Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2014).

Přestože AJE představuje pouze 13 % z celkového instalovaného výkonu, zajišťuje v současnosti více než 40 % elektrické energie Arménie (Chačatrjan, 2008).

U AJE se každý rok mění  $\frac{1}{3}$  paliva. Původně za nakládání s vyhořelým palivem odpovídaly centrální sovětské organizace pro přepracování a likvidaci vyhořelého paliva. Těmito organizacemi bylo skladováno regenerované plutonium spolu s uranem. Od doby znovu uvedení do provozu Arménie-2 je vyhořelé palivo skladováno přímo v areálu AJE, předtím než je ale převedeno na suché skladování, je uschováno ve vodní lázni v budově reaktoru. AJE má skladiště jak na pevný tak i na tekutý odpad (Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2014).

V roce 2005 vyrobila AJE 2,72 TWh elektrické energie, což je největší vyrobené množství za období po jejím opětovném uvedení do provozu (Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2014).

### **2.3 Perspektivy vybudování nových bloků AJE**

V roce 1981 byl zpracován technickoekonomický podklad pro rozšíření plochy elektrárny pro druhou fázi (třetí a čtvrtý blok) s předpokladem potřeby centrálního vytápění pro Jerevan. Technickoekonomický podklad byl schválen a koordinován všemi příslušnými organizacemi.

Již v roce 1986 byla započata stavba třetího i čtvrtého bloku, v důsledku černobylské havárie nebyla dokončena. V roce 2007 ministr energetiky a přírodních zdrojů Arménie, vyhlásil studie proveditelnosti výstavby nového reaktoru (Arménie-3) v Mecamoru. Výzkumné práce se měly uskutečnit za účasti Ruska, USA a IAEA. Nová elektrárna měla být zprovozněna již v roce 2016 (Nuclear power in Armenia, 2015).

V květnu 2014 arménská vláda schválila výstavbu nového reaktoru, jehož výstavba má být započata v roce 2018 (Abovyan & Arzumanyan, 2014). Tento reaktor má být dostavěn do roku 2023 a uveden do provozu v roce 2026. Půjde o reaktor typu VVER-1000 s instalovaným výkonem 1060 MW a životností 60 let (Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2014).

Hlavním problémem, jako u každého velkého projektu, je jeho ekonomická proveditelnost. Arménie fakticky pro uskutečnění tohoto projektu hledá investory, kteří by byli schopni a hlavně ochotni do nového reaktoru investovat. Stavba nového reaktoru by kromě prodloužení éry arménské jaderné energetiky, měla přispět i energetické bezpečnosti a nezávislosti státu (Saruchanjan, 2013).

## **3 Charakteristika reaktoru VVER-440 (Arménie-2)**

VVER-440 je druhou generací jaderných reaktorů. Jde o tlakovodní reaktor (PWR). Ve srovnání s Černobylskou jadernou elektrárnou (LWGR), která využívala jako moderátor grafitové tyče a jako chladicí médium normální (lehkou) vodu, se u VVER-440 jako moderátor i chladicí médium využívá lehká voda (lehkovodní reaktor; LWR).

Reaktory typu VVER jsou zařazeny podle energie neutronů mezi tepelné.

VVER-440 nemají kontejnment (Nuclear power in Armenia, 2015), avšak u typu V270 funkci kontejnmentu nahrazuje box parogenerátorů (soukromé sdělení bývalého zaměstnance elektrárny).

Jako palivo se používá 3,8%  $^{235}\text{U}$ .

Z konstrukčního hlediska je tento typ reaktoru dvouokruhový (na primárním okruhu je na reaktor napojeno 6 smyček), má tři hlavní části: válcové těleso tlakové nádoby, polokulové víko a volnou přírubu.

Reaktory VVER-440 jsou umístěny v betonové šachtě.

Pokud jde o bezpečnost, jsou všechny boxy, ve kterých může při havárii stoupnout tlak, propojené. Při havárii ke snižování tlaku chlazením slouží sprchové systémy.

Aktivní zóna je uložena v koši, který je v místě aktivní zóny zesílený a tvoří tak současně i tepelné stínění tlakové nádoby. Vnitřní projektový tlak v reaktoru je 12 MPa.

Na víku reaktorové nádoby jsou osazena pouzdra mechanismů systému řízení a ochrany.

Pohony u těchto reaktorů jsou elektromechanické (u VVER-1000 jsou elektromagnetické) (Ráček, 2002).

Aktivní zóna:

Skládá se z 349 palivových článků (312 pevné a 37 regulační) rozložených s roztečí 147 mm. V případě potřeby je vyměňována vždy 1/3 palivových kazet (čerstvé palivo se vždy vkládá do periferních míst aktivní zóny, ostatní se posouvají směrem do centrálního pásma).

Při vysokém využití se předpokládá odstávka jednou za rok.

Střední hloubka vyhoření při stacionárním režimu činí 28,6MW/d/kg uranu (Ráček, 2002).

## 4 Princip práce JE

Obecný princip práce jaderné elektrárny spočívá v uvolnění energie štěpnou reakcí  $^{235}\text{U}$ , který poskytuje teplo, jež je chlazené tekutým chladícím médiem. Reakcí chladícího média a tepla vzniká pára, která pohání turbíny JE napojené na generátor. Reaktory JE mohou být jednookruhové i dvouokruhové. V případě jednookruhového, štěpné teplo reaguje přímo s chladícím médiem, kdežto u dvouokruhového, chladící médium poskytuje teplo chladicímu médiu v dalším okruhu.

### 4.1 Štěpení pomalými neutrony

Jaderné reakce jsou jaderné přeměny, k nimž dochází při střetu jader s různými částicemi nebo jader navzájem.

Existují tři základní typy jaderných reakcí: transmutace, tříštění a štěpení.

Při transmutaci z terčového jádra vzniká nové jádro o protonovém čísle málo odlišném od jádra terčového.

Při tříštění se ostřelováním terčového jádra uvolní velký počet produktů.

Při štěpení z terčového jádra vzniknou dvě jádra o protonových a nukleonových číslech podstatně odlišných od jádra terčového, navíc vznikají i další částice.

Jsou známy také jaderné reakce, které jsou vyvolány působením fotonů gama.

Jaderné reakce, které jsou vyvolány neutrony, mají pro jaderné reaktory největší význam, zejména pro ně mají velký význam neutronové reakce způsobující štěpení jader. Zvláštním případem vzájemného působení mezi neutronem a jádrem atomu je rozptyl neutronů atomovými jádry, toto je velmi důležité při práci jaderných reaktorů. Existují dva druhy rozptylu pružný a nepružný. Při nepružném rozptylu dochází k zachycení neutronu jádrem a vzápětí jej jádro emituje zpět s menší kinetickou energií. Naopak při pružném rozptylu se veškerá kinetická energie zachová. V reaktorech se pružný rozptyl vyskytuje mnohem častěji než nepružný. Pružný rozptyl je základem zpomalování neutronů, které je pro jaderné reaktory velice důležitým pochodem. Pomalé neutrony vznikají řadou po sobě následujících srážek neutronů s jádry atomů, v důsledku čeho u neutronů dochází ke snížení

kinetické energie na přibližnou úroveň kinetické energie atomů nebo molekul té látky, kde dochází k rozptylu neutronů. Snížením kinetické energie neutronů dochází i ke snížení jejich rychlosti. Pomalé neutrony jsou často charakterizovány tzv. teplotou neutronů, jde o teplotu pomalých neutronů v nepohlcujícím prostředí shodnou s teplotou okolí (Ráček, 2002).

Nejčastěji ke štěpné reakci dochází u těžkých atomových jader  $^{235}\text{U}$ , které jsou ostřelovány neutrony. Ke štěpné reakci se používají neutrony, neboť nemají elektrický náboj a mohou proto snadněji proniknout do jádra i při malých energiích. Po proniknutí neutronu do jádra předá neutron potřebnou energii jádru k jejímu rozkmitání a posléze dochází k vzniku dvou jader o protonových a nukleonových číslech podstatně odlišných od terčového jádra, navíc při štěpení jádra dojde ke vzniku dalších neutronů. Vzniklé neutrony jsou pružným rozptylem zpomaleny (Ráček, 2002).

## **5 Další zdroje energie**

Kromě jaderné elektrárny vyrábí elektrickou energii i jiné typy elektráren: vodní elektrárny (10 funkčních + 4 plánované), tepelné elektrárny, větrné elektrárny, solární elektrárny.

### **5.1 Obnovitelné zdroje**

Arménie usiluje o zvýšení podílu produkce energie z obnovitelných zdrojů, avšak nespočet legislativních překážek brání rozvoji arménského využití obnovitelných zdrojů energie. Společně s tím existují i byrokraticky zatížené a netransparentní povolovací postupy týkající se využití vodních a půdních zdrojů. Těžkopádný schvalovací proces v oblasti životního prostředí, obtížně splnitelné a předpisy normativní povahy pro malé projekty. Další komplikace představují i nedostatečné peněžní pobídky k překonání dodatečných nákladů. Existují také systémové operační problémy, které vyžadují řešení, včetně přenosové

adekvátnosti, stejně jako ovladatelnost a stabilita systému s rozšířenými obnovitelnými kapacitami (Armenia (2012), 2012).

### 5.1.1 Vodní energie

Vodní energie je druhým nejvýznamnějším zdrojem energie hned po jaderné energii. Elektrická energie produkovaná vodními elektrárnami představuje 30 % z celkové elektrické energie produkované v Arménii (v roce 2010 představovala 40 % roční produkce elektrické energie) (Abovyan & Arzumanyan, 2014). Většina vodních elektráren je postavena na řekách Hrazdan a Vorotan (dvě největší řeky Arménie). Potenciál vodní energie je pro Arménii stanoven na 21,8 TWh/rok (18,6 TWh/rok - potenciál velkých a středně velkých řek a 3,2 TWh/rok - potenciál malých řek). Ekonomicky realizovatelné je pouze 3,6 TWh/rok s tím, že 1,5 TWh/rok je již využíváno. Zbývající potenciál má být rozvinut během 11 let (2012). Celková produkce velkých a malých elektráren, které jsou v chodu, činí 1 256 MW (3 746 GWh) (k lednu 2011). Celkový instalovaný výkon vodních elektráren činí 1 229,3 MW (2014). Na území Arménie se nachází 10 již fungujících vodních elektráren (**Gjumeš (Argel)**, Šamb, Tatev, **Kanaker**, **Atarbekjan**, Spandarjan, **Arzni**, **Jerevan**, **Sevan**, Dzora), většinou se nacházejí na největší řece Arménie Hrazdan (Tab. 1) a výstavba dalších 4 (Megri, Šnoch, Lori-Berd, Achurjanský reservoár) je v plánu. (Tab. 2) Dále existuje 70 malých vodních elektráren o instalovaném výkonu 263,3 MW. Největší Sevanská (Sevano-hrazdanská) vodní kaskáda představuje instalovaný výkon 562 MW (Graf 1) a je z 90 % vlastněna ruským Jednotným energetickým systémem. Po ní následuje vodní kaskáda Vorotan s instalovaným výkonem 402 MW (404 MW). Plánovaná vodní elektrárna Megri je společným projektem Íránu a Arménie, podle všeho jeho uskutečnění bude stát \$23 mld. a bude sestaven v Íránu. Instalovaný výkon elektrárny se bude pohybovat v rozmezí 130-140 MW (An Energy Overview of the Republic of Armenia, 2002; Armenia (2012), 2012; Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2014).

Existující vodní elektrárny (10 MW a větší) (Tab. 1) (An Energy Overview of the Republic of Armenia, 2002)

Generující zařízení	Poloha		Instalovaný výkon (MW)
	Řeka	Marz (Kraj)	
Gjumeš (Argel)	Hrazdan	Kotajk	224
Šamb	Vorotan	Sjunik	170
Tatev	Vorotan	Sjunik	156
Kanaker	Hrazdan	Jerevan	102
Atarbekjan	Hrazdan	Kotajk	82
Spandarjan	Vorotan	Sjunik	76
Arzni	Hrazdan	Kotajk	71
Jerevan	Hrazdan	Jerevan	49
Sevan	Hrazdan	Gegarkunik	34
Dzora	Debet	Lori	26

Plánované vodní elektrárny (10 MW a větší) (Tab. 2) (An Energy Overview of the Republic of Armenia, 2002)

Generující zařízení	Poloha		Instalovaný výkon (MW)
	Řeka	Marz (Kraj)	
Megri	Araks	Sjunik	79
Šnoch	Debet	Lori	75
Lori-Berd	Mischan, Dzoraget	Lori	60
Achurjanský reservoár	Achurjan	Širak	20



### **5.1.2 Větrná energie**

Průměrná rychlost větru na území Arménie se pohybuje v rozmezí 1-8 m/s. Araratské údolí, jakožto místo s nejsilnějšími větry (v letních měsících rychlost dosahuje 20 m/s a víc) se nabízí jako skvělé místo pro vybudování větrné elektrárny. Přestože Arménie má dost velký potenciál, co se využití větrné energie týče, je tento typ obnovitelného zdroje energie málo využit. V dnešní době jedinou fungující větrnou elektrárnou na území Arménie je Lori-1 s výkonem 2,6 MW, jde o vlajkovou loď arménské větrné energetiky. Lori-1 představuje čtyři 660 kW Vestas větrné turbíny sestavené v Íránu. Další projekt, íránsko-arménská větrná farma, je ve výstavbě (Armenia (2012), 2012).

### **5.1.3 Solární energie**

Arménie jakožto stát nacházející se v subtropickém pásmu, má dostatek slunečních dní na to, aby bylo smysluplné investovat do solárních panelů. Roční maximum slunečního záření je 2780 hodin, minimum 1930 hodin. Využití solární energie by přispělo ke snížení potřeby dovážet zdroje energie. Za rok na území Arménie dopadne v průměru 1 720 kWh/m<sup>2</sup> (roční průměr pro středoevropské státy činí 1 000 kWh/m<sup>2</sup>). Více než čtvrtina území Arménie má solární zdroje o intenzitě 1 850 kWh/m<sup>2</sup>. Arménie je signatářem mezinárodních dohod, jako například Kodaňské dohody, na základě které, se země zavázala ke zvýšení výroby elektrické energie na bázi obnovitelných zdrojů (Armenia (2012), 2012).

### **5.1.4 Geotermální energie**

Sjunická vulkanická deska v Džermachpurském regionu představuje skvělé místo pro získání geotermální energie. Teplota vody v hloubce 2500-3000 m dosahuje 250°C. Využitím vhodných technologií může toto místo mít výkon cca 25 MW elektrické energie. Kromě Džermachpjuru jsou zkoumány i další dvě místa (Karkar a Gridzor) (Armenia (2012), 2012).

## 5.2 Neobnovitelné zdroje energie

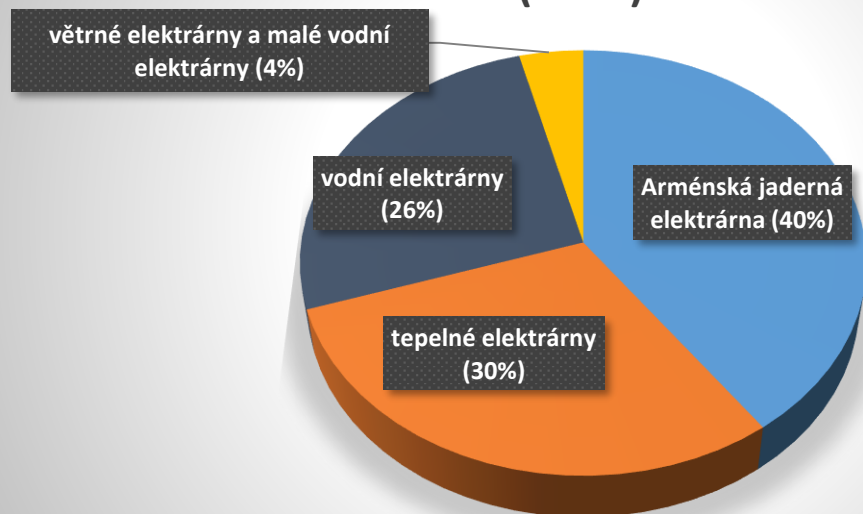
### 5.2.1 Tepelná energie

V Arménii existují celkem tři konvenční tepelné elektrárny využívající zahraniční zdroje energie (nafta, zemní plyn). Jejich celkový instalovaný výkon je 2426 MW. Nejvýkonnější z nich je Hrazdanská tepelná elektrárna (HTE), která jako jediná využívá ropu jako palivo (Graf 1)(Tab. 3). HTE má čtyři kondenzační turbíny (každá o výkonu 200 MW), avšak kvůli malé poptávce využívá jen dvě. Nyní se využívají plynové a parní generátory HTE o instalovaném výkonu 440 MW, které fungují od dubna 2012. Druhou nejvýkonnější je Jerevanská tepelná elektrárna (JTE) s instalovaným výkonem 550 MW. JTE se skládá ze dvou 150 MW kondenzačních a pěti 50 MW topných (tepelných) turbín, ale kvůli nulové poptávce po topení se využívají jen kondenzační turbíny. Od dubna 2010 JTE též využívá plynovou turbínu kombinované kruhové jednotky s instalovaným výkonem 242 MW elektrické a 30 MW tepelné energie. Další ze tří je tepelná elektrárna Vanadzor (VTE), s instalovaným výkonem 94 MW (96 MW) (An Energy Overview of the Republic of Armenia, 2002; Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2014). VTE je soubor topných (tepelných) turbín o různém výkon, avšak žádná z turbín není využívána, není potřeba topení. Jak je vidět tepelné elektrárny vyrábí menší množství elektrické energie než, by byly schopny při plném využití jejich celkového výkonu (Chačatryan, 2008).

Existující tepelné elektrárny (Tab. 3) (An Energy Overview of the Republic of Armenia, 2002)

<b>Generující zařízení</b>	<b>Marz (Kraj)</b>	<b>Technologie</b>	<b>Palivo</b>	<b>Instalovaný výkon (MW)</b>
Hrazdan	Kotajk	Konvenční tepelná	Ropa	1 100
Jerevan	Ararat	Konvenční tepelná	Zemní plyn	550
Vanadzor	Lori	Konvenční tepelná	Zemní plyn	96

## Výroba elektřiny v Arménii podle elektráren (2008)



Výroba elektřiny v Arménii podle elektráren (2008) (Graf 1) (Sarksjan & Gnuni, 2009)

## 6 Obecné srovnání typů elektráren

### 6.1 Tepelná elektrárna

Hlavní znečišťující složkou tepelných elektráren je bezesporně uhlí, které je nejčastěji používaným palivem tepelných elektráren. Spalování uhlí vytváří nespočet znečišťujících složek (polutantů). Některé polutanty jsou specifické pro určitý druh paliva (černé/hnědé uhlí), nebo vznikají při vysokoteplotních procesech ( $\text{NO}_x$ ), nebo jsou ovlivněny konstrukcí a konfigurací elektrárny. Hlavní námitkou proti uhelným elektrárnám je skutečnost, že produkují nejvyšší množství emisí  $\text{CO}_2$  vztaženého na množství vyrobené energie.

### **6.1.1 Oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>)**

Jde o běžný plyn, který vzniká přirozeně (dýchání živočichů) nebo antropogenní činností (průmysl). Jeho emise reguluje tzv. Kjotský protokol, zabývající se skleníkovými plyny. Tento protokol změnil pohled odborníků i laiků na oxid uhličitý. Podle některých odborníků hraje oxid uhličitý, jakožto jeden ze skleníkových plynů, hlavní roli v globálním oteplování. Hlavními emitenty CO<sub>2</sub> jsou tepelné elektrárny spalující fosilní paliva. Kromě oxidu uhličitého mohou tepelné elektrárny emitovat i jiné oxidy. Jediným efektivním způsobem jak předejít vypouštění emisí CO<sub>2</sub> do ovzduší je jeho „odchytávání“ a posléze trvalé uložení, což je ekonomicky a technologicky extrémně náročné. Teoreticky lze zvýšit efektivnost a ekologičnost tepelných elektráren náhradou uhlí za zemní plyn, nebo biopaliva, eventuálně snížit odlesňování a zvýšit zalesňování, což by vedlo ke snížení koncentrace CO<sub>2</sub>. Dále se nabízí změna energetické politiky a „přepnout“ z fosilních zdrojů na obnovitelné zdroje (sluneční, větrná, vodní atd.).

### **6.1.2 Oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>)**

Oxid siřičitý byl před odsířením emisí z tepelných elektráren hlavním problémem. Vzniká spalováním síry. Existuje pouze v plynné fázi, která přechází na sírové aniony a společně s NO<sub>x</sub> způsobuje tzv. kyselý dešť.

### **6.1.3 Oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>)**

NO<sub>x</sub> je souhrnný název pro oxidy dusíku. Mezi NO<sub>x</sub> patří NO, NO<sub>2</sub>, a N<sub>2</sub>O. Z ekologického hlediska nás zajímají NO<sub>2</sub> a N<sub>2</sub>O. Zatím co NO<sub>2</sub> způsobuje společně s SO<sub>2</sub> kyselý dešť, N<sub>2</sub>O má negativní vliv na ozonovou vrstvu Země a na klima. Negativní vliv N<sub>2</sub>O na ozonovou vrstvu spočívá v jeho oxidaci s ozonem a tím pádem přispívá ke snížení jeho koncentrace. N<sub>2</sub>O je problémem i kvůli jeho přispívání ke globálnímu oteplování, jelikož se jde o jeden ze skleníkových plynů.

#### **6.1.4 Aerosoly**

Nejčastěji se při zmínění aerosolů v energetice mluví o částicích menší než 2,5 μm, označovaných též jako PM 2,5. Kvůli svým rozměrům jsou velice nebezpečné, protože se snadno dostávají do plicních sklípků a mohou způsobit rakovinu plic. Většinou vznikají antropogenní činností.

### **6.2 Jaderná elektrárna**

U tohoto typu elektrárny se používá uran ( $^{235}\text{U}$ ). Hlavním nebezpečím pro životní prostředí samozřejmě je radioaktivita jaderného paliva (manipulace, obohacování, uskladnění atd.). Z hlediska ochrany ovzduší se dá říci, že tento typ elektrárny je šetrnější než tepelná elektrárna. Jediné co se emituje u tohoto typu elektrárny, je z drtivé většiny vodní pára a zanedbatelné množství  $\text{CO}_2$ . Například jaderná elektrárna o instalovaném výkonu 1 GW zamezuje emisi 5-7 mil. tun  $\text{CO}_2$ , kterou by ročně emitovala klasická (uhelná) elektrárna stejného výkonu. Jaderné elektrárny produkují stejné, ne-li menší množství skleníkových plynů než elektrárny využívající obnovitelné zdroje (Graf 2) (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *World energy outlook 2006*, 2006; IEA Energy Technology Essentials, 2007).

#### **6.2.1 Radioaktivní odpad**

Jsou tři druhy radioaktivních odpadů: nízko radioaktivní (LLW=low-level waste), středně radioaktivní (ILW=intermediate-level waste) a vysoce radioaktivní odpad (HLW=high-level waste). LLW má krátkou radioaktivní životnost, nevyžaduje žádné odstínění, nebo geologické odstranění. Je z 90 % tvořen jaderným a z 1 % radioaktivním odpadem. Naopak ILW ten vyžaduje odstínění a odstranění v mělkých úložištích a skládá se z 5-7 % z jaderného a 4 % z radioaktivního odpadu. Třetí a nejnebezpečnější HLW má nejdelší radioaktivní životnost a výhřevnost, vyžaduje tedy odstínění, chlazení a hluboké geologické odstranění. Obsahuje 3-5 % jaderný a 95 % radioaktivní odpad.

Jaderný odpad tvoří méně než 1 % ze světového průmyslového a toxického odpadu (IEA Energy Technology Essentials, 2007).

### **6.3 Elektrárny využívající obnovitelné zdroje**

Bezesporně se jedná o nejekologičtější typy elektráren, jsou celkově šetrné k životnímu prostředí. Nejčastěji se jako zdroj využívá například energie solární, větrná nebo vodní. Nevýhoda těchto elektráren spočívá ve vázanosti těchto elektráren na určitá místa nebo oblasti, jinak jsou tyto elektrárny neefektivní jak po stránce energetické tak i ekonomické, což je pro dnešní dobu hlavním určujícím faktorem. Solární elektrárny je dobré stavět v oblastech s dostatkem slunečních dnů, vodní v oblastech horských, větrné v pobřežních oblastech. Nejběžnější typy elektráren, jak již bylo nastíněno, jsou solární, vodní a větrná. Jsou samozřejmě i jiné typy elektráren využívající obnovitelné zdroje, ale ty jsou buď málo efektivní, nebo jsou ve vývoji a tedy jejich využití v dnešní době není možné (např.: získávání energie z vodíku). Využívání obnovitelných zdrojů, které jsou ze své podstaty kolísavého výkonu, brání neexistence efektivního skladování vyrobené energie.

#### **6.3.1 Solární elektrárna**

Obecně jsou to elektrárny využívající sluneční záření (respektive záření 380-710 nm). U tohoto typu elektráren je třeba mít na paměti, že efektivnost solárních panelů je závislá na dvou faktorech: množství slunečních dní a rozloha. Je smysluplné investovat do tohoto typu elektrárny, pokud jsou oba faktory splněny, jinak je to zbytečná ztráta peněz. Přirozeným problémem solární elektrárny je střídání dne a noci a výrazný pokles výkonu v zimním období. To znamená, že je elektrárna schopna vyrábět elektrickou energii za určitých podmínek. V případě potřeby elektrické energie v nočních hodinách, je třeba mít baterii, která bude nabíjena ve dne. Solární panely jsou další vadou na kráse solární energetiky. Po skončení životnosti jsou solární panely zařazeny do kategorie nebezpečného odpadu, tudíž je jejich recyklace složitá a ekonomicky náročná. Hlavní komponent, křemík, je obtížné vyrobit, proto se vymýšlejí způsoby jak jej efektivně recyklovat ze

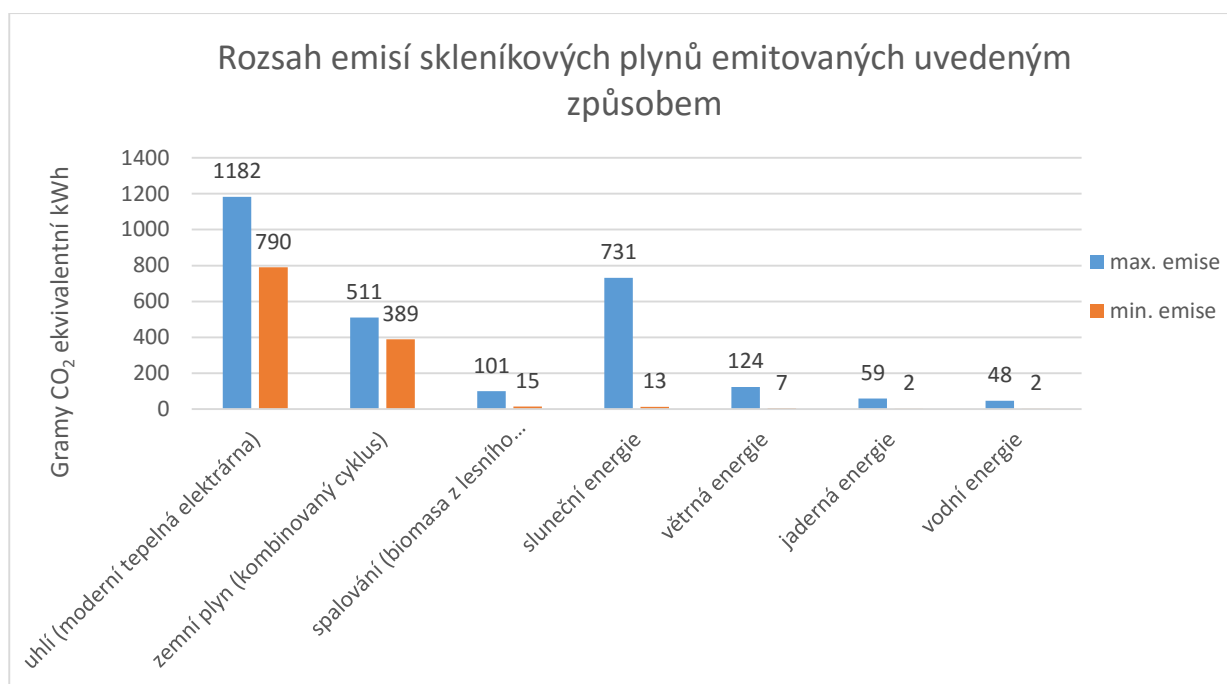
solárních panelů. Na první pohled se zdá, že solární elektrárny neemitují skleníkové plyny, ale opak je pravdou (Graf 2).

### **6.3.2 Větrná elektrárna**

Větrné elektrárny stejně jako solární jsou prostorově náročné a vyžadují minimální rychlost větru 6 m/s, aby je vůbec mělo smysl stavět. Problém tohoto typu elektrárny spočívá v nestálé generaci elektrické energie.

### **6.3.3 Vodní elektrárna**

Vodní elektrárna je možná nejlépe prozkoumaný a nejdéle využívaný typ elektráren, které využívají obnovitelný zdroj. Vodní elektrárny se rozdělují podle instalovaného výkonu, podle využívaného spádu nebo podle využití vodního toku. Mezi čtyři základní typy vodních elektráren rozdělených podle využití vodního toku patří: vodní elektrárny průtočné, přílivové, přečerpávací a akumulární. Například přečerpávací vodní elektrárny fungují na bázi čerpaní vody do vodní nádrže a jejího zpětného vypouštění. Využívají se buď dvě nádrže (horní a dolní), nebo se voda čerpá přímo z přírodního toku do horní nádrže. Vodní elektrárny mohou, kromě výroby elektrické energie, sloužit jako vodní přehrady, jelikož jsou schopny regulovat vodní tok. Problémem vodních elektráren je jejich negativní dopad na přírodní prostředí, mění jeho krajinný ráz.



Emise skleníkových plynů produkci elektřiny (Graf 2) (Select Committee on Environmental Audit, 2005)

## 7 Mezinárodní pohled na AJE

Před dvanácti lety se proti výstavbě dalšího reaktoru kriticky postavila jak EU (nabízela €200 mil. půjčku na odstavení AJE) (Nuclear power in Armenia, 2015) tak i USA. Na potenciální nebezpečí Arménské jaderné elektrárny upozornili Turecko s Ázerbájdžánem, jež se cítí být v ohrožení v případě velké havárie. Arménská strana v čele s Prezidentskou radou pro jadernou bezpečnost a Ministerstvem energetiky a přírodních zdrojů jakékoliv pochybnosti o bezpečnosti AJE odmítla. Adolf Birkhofer, předseda Prezidentské rady pro jadernou bezpečnost Arménie, na 14. zasedání Rady (27. 10. 2015, Jerevan) uvedl: „Arménská jaderná elektrárna je úplně bezpečná. Myslím tím, že všechny jaderné elektrárny stejné úrovně jsou stejně bezpečné.“ Na brífinku též souhlasil se svým arménským kolegou, tajemníkem Rady Vahramem Petrosjanem, ve věci nezbytnosti jaderné elektrárny v Arménii pro zajištění energetické bezpečnosti země (Adolf Birkhofer: Armenian power plant is absolutely safe, 2015).

Postoj protistrany, respektive Ázerbájdžánu, byl jasně dán najevo prostřednictvím člena ázerbájdžánské delegace Parlamentního shromáždění Rady Evropy, pana Rafaela Husejnova, jenž uvedl: „Evropané a ti, kteří žijí v postsovětském prostoru, si



pamatují černobylskou tragédií.“ .... „Musíme udělat maximum, abychom zajistili, aby další katastrofa nenastala, ale Rada Evropy by umožnila další katastrofu, pokud by selhala v přijetí rozhodných kroků v tomto ohledu.“... „Jaderná elektrárna Mecamor v Arménii může být jedním ze zdrojů hrozných tragédií nejen pro jižní Kavkaz, ale i pro Evropu a Střední východ.“ ... „Skládováním radioaktivního odpadu z jaderné elektrárny Mecamor na okupovaných územích Ázerbájdžánu-Karabachu a dalších sedmi oblastech obklopující Karabach a vyléváním odpadu do řek protékajících těmito územími, Arménie vytvořila ekologickou pohromu, jejíž následky nebudou odstraněny ani za desítky let.“ (*Official report of debates: 2005 ordinary session (second part)*. 2., 2005)

Dnes jedním z hlavních argumentů odpůrců arménské jaderné elektrárny je skutečnost, že AJE se nachází v seizmicky aktivní oblasti (Is Armenia's Nuclear Plant the World's Most Dangerous?, 2011). Rozhodně tomu tak je, avšak tato skutečnost byla známa již v době, kdy se prováděly výzkumné studie, a rozhodovalo se o eventuální stavbě. Není od věci též zmínit, že oba reaktory VVER-440 byly navrženy a sestrojeny inženýrsko-konstruktérskými organizacemi SSSR pod dozorem Ministerstva energetiky a elektrifikace SSSR. První fáze projektu výstavby elektrárny (reaktor Arménie-1 a Arménie-2) byla vypracována v období 1969-1970. Hlavním vědeckým, dozorčím orgánem byl Kurčatovův ústav pro jadernou energii, jeden z nejrespektovanějších ústavů v SSSR i v dnešním Rusku. Hlavním projektovým orgánem byl Termoelektroprojekt. Arménská jaderná elektrárna je první sovětskou jadernou elektrárnou, která byla postavena v oblasti vysoké seizmicity. Celý blok (reaktory Arménie-1 a Arménie-2) byl navržen tak, aby odolal zemětřesení o síle 9 stupňů MSK-64 (oblast AJE je vyhodnocena na 8 stupňů MSK-64) (Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2014).

Smutnou kapitolou dějin Arménie bylo ničující zemětřesení v prosinci 1988, které zasáhlo severozápad Arménie, toto zemětřesení si vyžádalo smrt dvaceti pěti tisíc lidí a zničení celého města Spitak. Zemětřesení bylo zkouškou, které AJE odolala beze škody a mohla pracovat dál, avšak v roce 1989 bylo rozhodnuto o preventivním dočasném odstavení obou reaktorů (Arménie-1 a Arménie-2). Odstávka trvala, až do roku 1996 kdy z ekonomických důvodů bylo životně důležité

AJE zprovoznit. Byl zprovozněn jen jeden reaktor (Arménie-2), který funguje až dodnes.

V dějinách AJE nedošlo k závažným haváriím. V listopadu 1982 došlo jen k menšímu požáru v kabelovém tunelu (soukromé sdělení bývalého zaměstnance elektrárny).

## **8 Minulost a současnost arménské energetiky**

Těsně po rozpadu Sovětského svazu, čelila Arménie ekonomické krizi, která sužovala i energetický sektor. K zlepšení situace se vláda Arménie zaměřila na restrukturalizaci energetického sektoru. Bylo přijato několik zákonů k dosažení tohoto cíle. Byl zaveden program zaměřený na zlepšení vyměřování, fakturaci a výběr poplatků za elektřinu, vytápění a za zemní plyn.

V roce 1992 bylo založeno Ministerstvo energetiky Arménie a dne 18. 4. 2008 přejmenováno prezidentským nařízením na Ministerstvo energetiky a přírodních zdrojů Arménie (oficiálně název vstoupil v platnost až v květnu 2008) (Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2014).

O rok později byl založen Arménský jaderný regulační úřad (AJRÚ; obdoba Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ČR). Jde o regulační orgán radiační a jaderné bezpečnosti, má též na starosti inspekce a vydávání licencí (Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2014).

Prezidentskou vyhláškou č. 385 z 22. června 2002 je AJE v kompetenci prezidenta Arménie, která je podložena zákonem o energetice Arménie z března 2001. Touto vyhláškou získává arménský prezident pravomoci v rozhodování ve věci AJE (Meredith, 2015).

V dubnu 1993 se arménská vláda rozhodla znovu zprovoznit Arménii-2. Zavedení stabilizačních programů a opětovné zprovoznění AJE (5. 11. 1995), umožnilo se vymanit z energetické krize post-sovětského období. V období opětovného zprovoznění AJE (1993-1995) byla založena ještě Ministerstvem energetiky Arménie společnost Armatomenergo, které byla MEPZ AR přidělena funkce operátora AJE (Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2014).

Po znovu získané nezávislosti, existovalo v Arménii na krátkou dobu protijaderné hnutí. Dnes se arménská veřejnost staví k jaderné energii přívětivěji. Neznamená to však, že by si dnešní veřejnost nebyla vědoma možné hrozby, ale na druhou stranu má ještě v živé paměti období tříhodinových dodávek elektrické energie za den. Dalším aspektem je i značně nízká cena elektřiny z jádra, což převažuje nad možnými riziky (Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2014).

Je třeba též zmínit, že výroba, přenos a přeprava elektrické energie je v Arménii nejlevnější v regionu (Sarksjan & Gnuni, 2009).

Arménie „zdědila“ od Sovětského svazu značné výkony pro výrobu elektrické energie, je do toho zahrnut i výkon AJE. Dnes jsou tyto výkony pro samotnou Arménii přebytné, takže kromě uspokojení vlastní vnitrostátní poptávky po elektřině, ji může vyvážet za hranice. Dvěma hlavními vývozními destinacemi jsou Gruzie a Írán. V období 2003-2007 vývoz elektřiny do Gruzie kolísal od 656 mil. kWh v roce 2005 až po 0 kWh v roce 2007. Vývoz do Íránu, se ve stejném období pohyboval od 12 mil. kWh v roce 2003 až po 95 mil. kWh v roce 2007. Arménie se fakticky potýká víc s problémem vývozu než uspokojením své vnitrostátní poptávky. Podle všeho v budoucnu role vývozu v ovlivňování výrobní úrovně vzroste. Arménská jaderná elektrárna, která představuje 13 % z celkového instalovaného výkonu na území Arménie ve vyrobeném množství elektřiny, se podílí 40 % na celkové produkce elektrické energie. Toto se však nedá říci o tepelných elektrárnách, které vyrábí méně elektřiny, než by byly schopny produkovat v případě plného využití jejich celkového výkonu (Chačatryan, 2008).

Spotřeba elektrické energie Jerevanem činila v roce 2013 pouze 34 % z celkové spotřeby, oproti 50 % v roce 2012 (Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2014, Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2013). V roce 2013 byla spotřeba elektrické energie cca 2015 kWh/obyvatele, kdežto v roce 2012 1808 kWh/obyvatele (Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2014, Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2013). Tyto statistické výsledky jsou přirozeně ovlivněny několika faktory, jako je například demografie (emigrace/imigrace, natalita/mortalita), cena za kWh elektrické energie (zvýšení/snížení) atd.

Při celkovém pohledu na arménskou energetickou politiku lze s jistotou říci, že je vedena správně. Nasvědčuje tomu skutečnost, že se Arménie snaží snížit závislost na dovozních zdrojích energie a má v záloze nepoužité výkony. Nicméně v brzké budoucnosti bude třeba zajistit i další zdroje energie, jelikož arménská ekonomika se zotavuje a spolu s růstem ekonomiky roste i spotřeba energie. Pro Arménii, jakožto stát, který nemá žádný jiný zdroj vysokého příjmu, je velice důležité být zapojenou jak do nově budovaného regionálního trhu s elektřinou, který je předpokladem pro vytvoření tzv. „Kruhového energetického systému černoomořských států“, tak i do tvorby paralelního operačního vztahu Sever-Jih (Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2014).

V budoucnu získá vůdčí roli v regionálním energetickém trhu stát, který bude schopen, při základním zatížení, zajistit trvalou generaci takového množství elektřiny z jádra, které uspokojí minimální poptávku současně s minimálními emisemi skleníkových plynů.

Arménie si je toho vědoma a proto se snaží odpovídat energetickému trendu. Využívanými domácími zdroji energie jsou voda a malé zásoby hnědého uhlí. Republika disponuje i rezervami zemního plynu, avšak ty nejsou využívány. Podle geologických předpovědí je na území Arménie i určité množství uranu. Proto byla v červenci 2008 založena společná arménsko-ruská společnost pro geologický průzkum a těžbu uranu (Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2014). Matematicky vyjádřeno energie z domácích zdrojů pokryje pouze 35 % poptávky na energii. Dle výše řečeného, je jednoznačně patrné, že Arménie není, co se energetických surovin týče, soběstačná. Denně dováží a spotřebovává 47 000 barelů nafty (většina dovážena z Ruska) a 9 mil. m<sup>3</sup> zemního plynu (2/3 Rusko a 1/3 Írán) (Armenia (2012), 2012; National Program on Energy Saving and Renewable Energy of Republic of Armenia, 2007). Íránský plyn je využíván v tepelných elektrárnách, zatímco ruský v domácnostech a jako LPG. Další ruskou dovozní surovinou je uran.

V roce 2017 bude reaktor Arménie-2 mimo provoz z důvodu „celkové generální opravy“. V květnu 2005 arménský parlament schválil dvě smlouvy uzavřené s Ruskem. Dle smluv Rusko poskytne Arménii úvěr na \$270 mil., jenž bude uzavřen na dobu 15 let s pětiletou dobou odkladu a 3% roční úrokovou sazbou.

K samotnému úvěru přidělí Rusko Arménii ještě \$30 mil. jako pracovní grant. Na dobu půlroční odstávky Arménie-2 v roce 2017 jsou plánovány důležité práce jako např. modernizace turbíny pro zvýšení výkonu (Armenia pushes on with life extension, 2016).

K 1. lednu 2013 činil celkový instalovaný výkon 4,01 GW. V roce 2013 bylo vyrobeno 7,71 TWh (v roce 2012 bylo vyrobeno 8,03 TWh) (Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2014, Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2013).

V Arménii se dnes provádějí vývojové výzkumy nové 400 kV rozvodné elektrické sítě, společně s jejím možným rozšířením do energetických systémů sousedních států. Tyto vývojové výzkumy jsou prováděny Ústavem pro návrh energetického systému Arménie v projektu věnovanému vývoji schématu arménské elektrické sítě (Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2014).

Pokud jde o energetickou bezpečnost a nezávislost, Arménie dbá na bezpečný vývoj jaderné energie v zemi (Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2014). Hlavní cíl energetické politiky Arménie je zaměřena na uskutečnění strategického programu pro zajištění země dostatečným množstvím elektrické energie a zemního plynu (Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2014).

Velkou naději vkládá arménská vláda do realizace projektu stavby reaktoru Arménie-3. Avšak od samého začátku, kdy se arménská vláda vrátila ke zvažování eventuální (do)stavby, bylo jasné, že pro její realizaci nemá arménská ekonomika dostatečné finanční prostředky. Vláda proto začala hledat finanční pomoc u států a institucí jako jsou USA, Rusko, Francie, Asijská banka rekonstrukce a vývoje atd. Tuto situaci tehdejší arménský premiér, Tigran Sargsjan (2008-2014), okomentoval slovy: „Existuje velký zájem o tento projekt. Stavba jaderných elektráren ve světě je omezena, reaktory jsou rezervovány na 10 let dopředu, včetně těch v Rusku. Je známo, kde a kdo staví, těch kteří chtějí investovat, je hodně, obzvláště v dnešní době, kdy investoři mají hodně peněz a nevědí, do jakých projektů je investovat.“ (Saruchanjan, 2011)

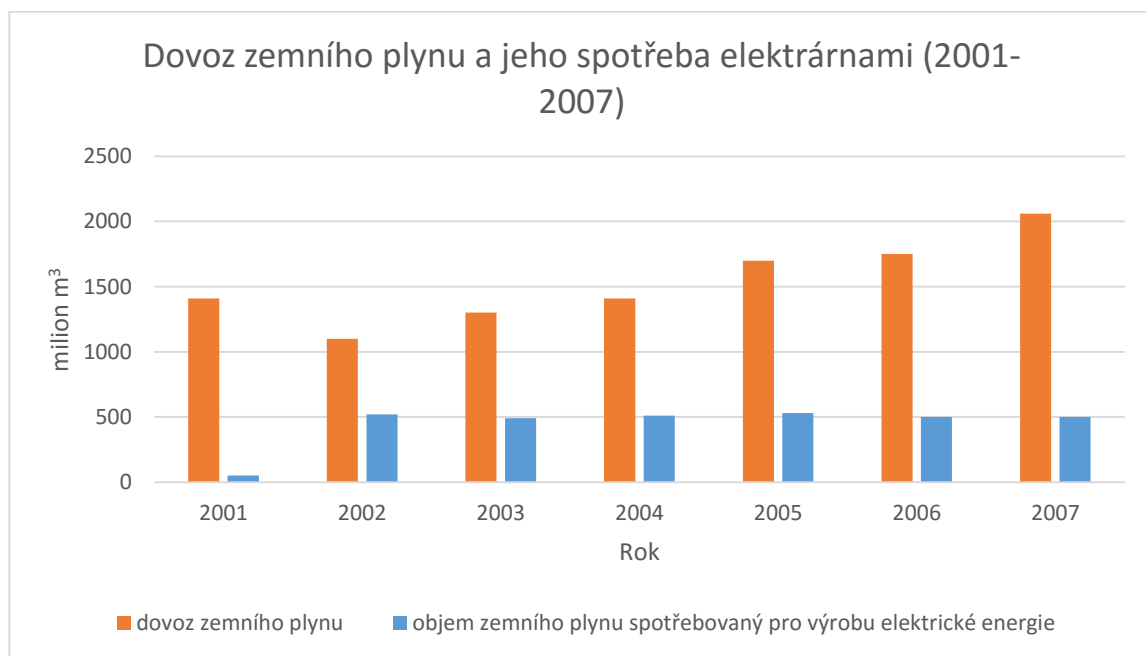
V případě, že se neuskuteční stavba Arménie-3 a bude odstavena Arménie-2, bude se muset arménská energetika přeorientovat na alternativní (nejlépe domácí) zdroje. V minulosti se celkem osvědčily vodní elektrárny, které v roce 2010 vyrobily 40 % veškeré elektrické energie (Abovyan & Arzumanyan, 2014). Přestože vodní elektrárny společně s ostatními elektrárnami na obnovitelné zdroje jsou z ekologického hlediska bezpečné, existuje i případ kdy tomu tak úplně nebylo. Elektrárna Sevan, která byla hlavní elektrárnou v době arménské energetické krize (1991-1995), je toho důkazem. Toto období bylo celkem devastující pro jezero Sevan, u kterého došlo k citelnému snížení hladiny vody způsobené jejím nepřetržitým čerpáním. Jezero Sevan se i dnes využívá jako vodní nádrž elektrárny, ale již není tolik zatížené čerpáním a tedy se hladina vody pomalu vrací do původního stavu. Solární energie je další dobrou alternativou, avšak je třeba mít na paměti, že efektivnost solárních panelů je závislá na dvou faktorech: na množství slunečních dní a rozloze. Pokud jde o první faktor, je využívání solární energie uskutečnitelné, avšak druhý faktor může být překážkou, jelikož Arménie nemá tak velkou rozlohu na to, aby bylo možné budovat velkoplošné solární farmy. Jen poměrně velké množství slunečních dní nemusí být dostačující k pokrytí požadovaného množství elektrické energie. Dalším typem elektrárny, která vyžaduje velké rozlohy je větrná elektrárna. Geograficky se území Arménie nachází v tzv. Araratském údolí, které je poměrně větrné, ale stejně tak jako u solárních panelů, je dost pravděpodobné, že množství jednotek větrných elektráren nemusí stačit k uspokojení energetické poptávky státu.

Jediným způsobem jak by mohly elektrárny, které využívají obnovitelné zdroje nahradit jadernou elektrárnu, je vyrobit stejné ne-li větší množství elektrické energie. Pokud jde o Arménii, znamenalo by to jejich kombinovanou spolupráci nebo si počkat až budou vyvinuty lepší technologie v této oblasti energetiky a poté investovat do těchto typů elektráren.

Obecně největší problém arménské i světové energetiky spočívá v neefektivním skladování vyrobené elektrické energie. Nejsou dostatečně vyvinuty skladovací technologie, aby bylo možno vyrobenou elektrickou energii skladovat „věčně“. Baterie, nebo jakkoliv bychom toto energetické skladiště nazývali, není

schopno „věčně“ udržet v sobě naakumulovanou energii a ani vydat 100 % této energie. Většina dnes známých „skladišť“ funguje na bázi fyzikálněchemických reakcí.

Spotřeba zemního plynu v Arménii má tendenci stálého růstu (Graf 3), během sedmi let (2001-2007) se zdvojnásobila. Nárůst spotřeby je však dnes ovlivněn sektory, které nemají s energetikou nic společného. Pro ilustraci je možné uvést, že na začátku desetiletí byla přibližně polovina dovezeného zemního plynu použita tepelnými elektrárnami, kdežto v roce 2007 jen čtvrtina. Dnes drtivá část zemního plynu je dodávána do domácností. Spotřeba zemního plynu je značně velká, nasvědčuje tomu nárůst spotřeby ze 112 tis. m<sup>3</sup> v roce 2002 na více než 470 tis. m<sup>3</sup> v roce 2007, přes 90 % spotřebují domácnosti (Chačatryan, 2008). Dle předpovědi MEPZ AR může roční poptávka po zemním plynu do roku 2030 vzrůst z 2,7 na 5,5 mld. m<sup>3</sup>, v závislosti na optimistickém či pesimistickém scénáři. Podle optimistického scénáře bude spotřeba zemního plynu v energetice představovat 45 % a v ostatních sektorech 3 mld. m<sup>3</sup> (55 %) (Sarksjan & Gnuni, 2009).



Dovoz zemního plynu a jeho spotřeba elektrárnami (Graf 3) (Chačatryan, 2008)

## **9 Energetika Arménie v rámci asociace s EU: problémy a perspektivy**

Situace v arménském energetickém sektoru je celkem jasná. Po bloádě ze strany Ázerbájdžánu a Turecka se staly hlavními partnery Arménie v oblasti energetiky Rusko a Írán, které by Arménie nerada ztratila. Význačné projekty týkající se infrastruktury energetického sektoru Arménie, jsou přímo spjaty s Ruskem a Íránem. Mezi tyto projekty patří například rusko-arménský a íránsko-arménský plynovod, dále nový projekt JE, který se má zrealizovat pomocí ruských investic. V roce 2013 si Arménie musela vybrat, zda podepíše dohodu o asociaci s EU, nebo smlouvu o Euroasijské celní unii (EACU). Nakonec bylo rozhodnuto ve prospěch EACU (Saruchanjan, 2013).

Pro Arménii bylo třeba zvážit ekonomické a politické otázky asociace s EU a EACU, podle jejich vlivu na energetickou bezpečnost Arménie. Bylo by též dobře říci, že hlavním rozdílem mezi dohodou o asociaci a smlouvou o EACU je ta, že dohoda o asociaci je na rozdíl od smlouvy o EACU politický dokument (Saruchanjan, 2013).

### **9.1 Arménsko-íránská spolupráce**

V případě podpisu dohody o asociaci s EU by to pro Arménii znamenalo nejen prohloubení spolupráce s EU, ale i vznik jednotné vnější ekonomické politiky, v důsledku politických úvah. Pokud by si Arménie teoreticky vybrala tento scénář, byla by pro ni z hlediska íránsko-evropských vztahů důležitá zejména ta část, která se týká sankcí, které EU uvalila na Írán, kvůli jeho jadernému programu. Tyto sankce jsou pro Írán citelnější než sankce RB OSN. Arménii by rozhodně zajímalo, zda by i ona musela tyto sankce v plné míře dodržovat. Tato otázka se Arménie, pokud jde o ekonomiku, dotýká zejména oblasti energetiky, jelikož ta v arménsko-íránských ekonomických vztazích dominuje. V případě, že by byla Arménie nucena v plné míře sankce dodržovat, znamenalo by to minimálně se zříci plánu stavby plynovodu a ropovodu vedoucího z Íránu, jelikož sankce vylučují jakoukoli spolupráci



s Teheránem v ropné sféře. Pokud by se rozšířily sankce vůči Íránu, ovlivnilo by to negativně energetický sektor a s ním i dovoz ropy a zemního plynu do Arménie a vývoz elektrické energie z Arménie. Toto by úplně zdecimovalo arménsko-íránské ekonomické vztahy a hlavně by znamenalo krach plánu na výstavbu arménsko-íránského plynovodu, velice důležitého pro energetickou bezpečnost Arménie. I kdyby sankce zůstaly neměnné, stejně by arménsko-íránské projekty značně utrpěly. Mezi nejperspektivnější energetické projekty Arménie a Íránu patří například stavba ropovodu a plynovodu z Íránu do Arménie, který má zajistit dovoz íránského benzínu do Arménie o objemu do 0,5 mil. tun ročně nebo stavba rafinérie na území Arménie, která zajistí zpracování surové íránské ropy pro její další realizaci na arménském a íránském trhu. Kvůli evropským sankcím by tyto projekty nemohly být realizovány, jelikož by bylo zakázáno dovážet íránskou ropu do EU, toto by se týkalo i Arménie pokud by došlo k asociaci s EU. Lze jednoduše říci, že by asociace s EU jednoznačně negativním způsobem ovlivnila arménsko-íránskou energetickou spolupráci (Saruchanjan, 2013).

## **9.2 Jaderná energetika**

Dalším negativním efektem způsobeným podpisem dohody o asociaci by byla nucená odstávka jaderné elektrárny. Těsně po rozpadu SSSR byly evropské státy, a posléze i EU jako celek, znepokojeny bezpečností Arménské jaderné elektrárny, jelikož Arménská jaderná elektrárna je jedinou na světě, která byla znovu spuštěna po totální odstávce. Na šestém summitu Rady spolupráce Arménie-EU generální ředitel komise pro vnější styky s východní Evropou, jižním Kavkazem a střední Asií, Hugh Mingarelli zformuloval maximální možnou pomoc Arménii takto: „Pokud arménská vláda podnikne kroky pro co nejrychlejší uzavření Arménské jaderné elektrárny, EU svolá mezinárodní konferenci s cílem nalézt pro to prostředky.“ Jednoduše řečeno EU je pouze ochotno pomoci s bezpečným uzavřením jaderné elektrárny, aniž by nabídla nějaké důstojné alternativy pro výrobu elektrické energie (Saruchanjan, 2011, 2013).

Politika EU ohledně nového bloku jaderné elektrárny je vyjádřena dvěma skutečnostmi:

1. Arménie má možnost vyrábět potřebné množství elektrické energie i po uzavření jaderné elektrárny (Saruchanjan, 2011). V roce 2011 začal pracovat pátý blok HTE, výkon kterého je ekvivalentní výkonu jaderného reaktoru, který je třeba zavřít. Kromě toho je v Arménii realizována řada jiných projektů, které jsou schopny kompenzovat uzavření AJE, mezi nimi i stavba vodních elektráren o různých velikostech, největší z nich má být s výkonem do 400 MW postavena v Arménii a Íránem na řece Araks.
2. Po havárii na Fukušimě se vztah EU k jaderné energii náhle negativně změnil (Saruchanjan, 2011), nehledě na vývoj tohoto sektoru ve státech jako je Francie a Spojené království (Saruchanjan, 2013).

Přestože se EU nijak neprotiví stavbě nového bloku jaderné elektrárny (Saruchanjan, 2011), neznamená to, že by Arménie neměla problém s její realizací. Hlavní dva problémy, se kterými by se Arménie potýkala, by byly:

1. Zajištění evropských investorů pro stavbu nového bloku JE, což se jeví bezperspektivní, jelikož žádná evropská společnost o stavbu nového bloku AJE nejeví zájem (Saruchanjan, 2013, 2011).
2. Realizace elektrické energie, vyrobené novou elektrárnou, na vnitřním a vnějším trhu (Saruchanjan, 2013).

První problém by bylo možné vyřešit dvěma způsoby. První způsob by spočíval v přesvědčení potenciálních investorů o tom, že jejich investice se jim vrátí za dostatečně krátkou dobu a že v nedaleké budoucnosti přerostou v zisk. Druhý způsob by se spíše týkal zdůraznění politického nežli ekonomického významu tohoto projektu (Saruchanjan, 2011).

Druhý problém by byl přímo spjat s tím, že by Arménie po podpisu asociační dohody musela dodržovat nové normy energetické bezpečnosti, zakotvené v Třetím energetickém balíčku EU (Saruchanjan, 2013).

### 9.3 Třetí energetický balíček

Vytvořením jednotného energetického trhu EU v rámci Třetího energetického balíčku, dojde k úplné liberalizaci energetického sektoru v rámci EU a států, jež podepsaly s ní asociační dohodu a Dohodu o volném obchodu. Třetí energetický balíček nabízí řadu opatření, pro Arménii by měla velkou váhu tato:

1. Přerozdělení sektorů- jednoduše řečeno to znamená, že společnost dovážející palivo, nebude moci být i společností vyrábějící elektrickou energii a naopak (pro Arménii by to znamenalo reorganizovat společnost ArmRosGazprom, která kromě toho, že dováží zemní plyn, je i majitelem největšího, pátého energobloku HTE)
2. Povinnost členských států EU liberalizovat své energetické sektory a tím umožnit přístup i třetím stranám, včetně volného obchodu (Saruchanjan, 2013).

Druhé ze zmíněných opatření by znamenalo úplné odmítnutí státní protekce poskytované národnímu výrobcí elektrické energie a přechod na systém výběru „nejlepší nabídky“. Do arménského energetického trhu by se mohly svobodně zapojit evropské společnosti, ale i společnosti států, které podepsaly asociační dohodu. Například zapojení gruzínských společností do arménského energetického trhu by mohlo znamenat konec arménských společností na tomto trhu. Bylo by to umožněno tím, že Gruzie dokázala snížit ceny elektrické energie díky využití levného zdroje vodní energie a mohla by ji tak prodávat na arménském trhu levněji než arménská konkurence (Saruchanjan, 2013).

Další zátěží pro arménskou ekonomiku bylo možné zvýšení cen za zemní plyn, v důsledku přirozené reakce Ruska na připojení Arménie k jednotnému energetickému prostoru EU. V Arménii, na rozdíl od ostatních evropských států dovážejících ruský plyn, je cena na zemní plyn snížena a je srovnatelná s cenami v Rusku, což by v případě připojení přestalo platit. Dále by to představovalo zastavení realizace řady energetických projektů plánovaných v Arménii. Mezi tyto projekty lze zahrnout například stavbu nové AJE, rozšíření možností abovjanského plynojemu, nebo snížení investic na modernizaci a znovu zprovoznění Hrazdanské vodní kaskády (Saruchanjan, 2013).

Bylo by samozřejmě potřeba si vyjasnit, jak se budou věci mít po zvýšení cen na dovozní ruské výrobky, v případě že se Arménie nepřipojí k EACU. Je jednoznačné, že v sektorech jako je výroba elektrické energie, zemědělství (skleníkové zemědělství) a výroba cementu, v případě zvýšení cen za ruský plyn se zvýší i ceny výrobků a služeb, což bude mít negativní dopad na arménskou ekonomiku (Saruchanjan, 2013).

## **10 Energetika Arménie v rámci Euroasijské celní unie:** **problémy a perspektivy**

Během nelehkého výběru mezi asociací s EU a EACU, byla nakonec upřednostněna EACU. Zvážíme-li perspektivy pro vstup Arménie do EACU, bylo to s největší pravděpodobností z důvodu energetické bezpečnosti, která je neoddelitelně spojena s těmi politickými perspektivami, které tato unie představuje. Pro energetický sektor Arménie vstup do EACU znamená úplné uzavření energetického sektoru, následkem čehož bude minimalizována šance arménské elektrické energetiky se integrovat do té evropské přes černomořské elektrické vedení. Toto také poskytne Gruzii a EU nezávislý statut při rozhodování o tranzitu ruského plynu územím Gruzie. Pro Arménii je lepší zůstat za rámcem Třetího energetického balíčku a pokračovat ve zvyšování technických možností pro vývoz elektrické energie do Íránu, včetně té, která se vyrobí na nové AJE. Avšak pro dosažení tohoto cíle je nejprve potřeba postavit nový blok AJE, který by minimalizoval závislost státu na dovozu zdrojů energie a za druhé získat přístup k levným zdrojům energie, zejména k zemnímu plynu, který umožní arménské ekonomice se vyvíjet ve výhodném režimu. Kromě zvýhodnění ceny za zemní plyn, Rusko ještě jeví zájem o stavbu nového reaktoru AJE. Lze předpokládat, že vstup do EACU zajistí Jerevanu přístup k ruským investicím v jaderném sektoru a k zemnímu plynu. Avšak toto není nijak smluvně zajištěné a zůstává otázkou dobré vůle Ruska a jeho snahy připojit arménský energetický trh k tomu svému. Dané okolnosti, představují určitá rizika pro arménskou stranu, jelikož se smluvně nezajištěnou dobrou vůlí se nedá počítat jako s dlouhodobým a strategickým zdrojem (Saruchanjan, 2013).

Pokud jde o EACU, neexistují žádné mechanismy, které by zajišťovaly prodej například zemního plynu jedním členem druhému, podle vnitrostátních cen prvního. Takže pro Arménii vstup do EACU neznamena automaticky, že by kupovala zemní plyn z Ruska či Kazachstánu za vnitroruské či kazašské ceny. EACU je třeba vytvořit nové mechanismy dávající Arménii určité preference, vzhledem k jejímu zvláštnímu umístění (žádné společné hranice s členskými státy EACU, blokáda, přímé sousedství se zónou EU) při získávání levných zdrojů energie. Bez těchto preferencí by členství Arménie v EACU, z hlediska energetické bezpečnosti, nemělo smysl (Saruchanjan, 2013).

## **11 Jaderná energie ve světě**

Rozvoj komerčního využití jaderných elektráren začal před půl stoletím. Stavba jaderných elektráren se urychlila následkem prvního naftového šoku a dosáhla svého historického vrcholu v 80. letech (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *World energy outlook 2006*, 2006). Poslední dvě citelné rány, které jaderné odvětví obdrželo od veřejnosti, byly po havárii v Černobylu (1986) a ve Fukušimě (2011). Na havárii v Černobylu zareagovalo několik států zavedením omezení pro již existující a/nebo pro nové jaderné elektrárny (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *World energy outlook 2006*, 2006). Co se týče ran po Fukušimě, byly to spíše rány od Evropanů, zejména německé veřejnosti a politiků, kteří po havárii ve Fukušimě uzavřeli osm nejstarších jaderných elektráren a tvrdě přeorientovali svůj energetický sektor na obnovitelné zdroje. Brity a Američany však skutečnost havárie ve Fukušimě nechala klidnými. V USA i ve Velké Británii se dále plánují stavby nových jaderných elektráren bez protestů ze strany veřejnosti. Veřejnost obou zemí zřejmě přijala skutečnost, že havárie ve Fukušimě byla způsobena extrémní přírodní pohromou, která se odehrála daleko od nich a tak pro ně má malý význam (Kidd, 2013).

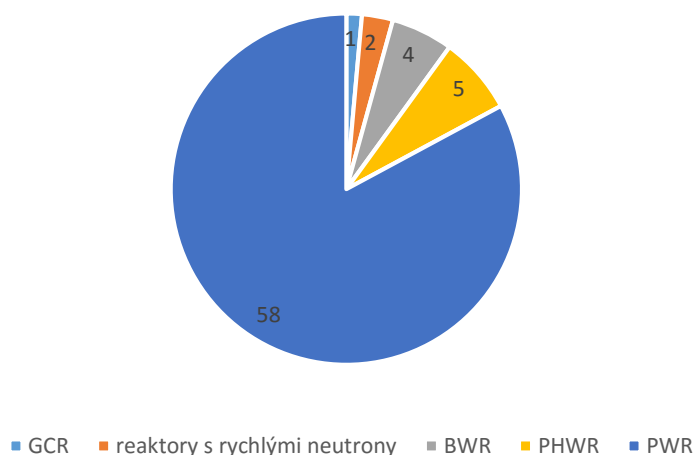
V 90. letech byla hlavní příčinou nízkého zájmu o jadernou energii, pokud pomineme strach z možné havárie, i liberalizace trhu se zemním plynem a elektřinou ve státech OECD. Liberalizace způsobila snížení cen zemního plynu. Předpokládalo se, že ceny zůstanou trvale snižované, avšak tento předpoklad se

neuskutečnil, jelikož velkým problémem se staly emise CO<sub>2</sub> (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *World energy outlook 2006*, 2006).

Největším problémem světového jaderného odvětví jsou vysoké základní investice, což znemožňuje státům s malým rozpočtem, být samotným hlavním investorem svých jaderných elektráren (Kidd, 2013).

Nejpočetnějšími jadernými elektrárnami na světě jsou elektrárny druhé generace, s LWR reaktory o průměrném výkonu 370 GW, postavené v období 1970-1980. Třetí generace byla vyvinuta v devadesátých letech, za účelem zlepšení bezpečnosti a hospodárnosti jaderné energie. Po Černobylské havárii se poptávka po nových jaderných elektrárnách snížila. V té době se postavil jen omezený počet jaderných elektráren, většinou v Asii. Několik států opět uvažuje o roli jaderné energie v budoucím energetickém mixu. Pokud jde o čtvrtou generaci jaderných elektráren, ta je dnes v rámci mezinárodního vývoje. Vývoj se má týkat hlavně zlepšení bezpečnosti a ekonomického provedení, za účelem minimalizovat jaderný odpad a snížit možnost jeho úniku. K roku 2007 bylo v chodu 443 jaderných elektráren (370 GW), které představovaly 16 % světové výroby elektrické energie (ve státech OECD 25 %). Zhruba 85 % světové výroby jaderné energie připadá na státy, jako jsou: USA (104 JE), Francie (59 JE), Japonsko, Rusko, Velká Británie, Jižní Korea a Indie. Pro zajímavost lze uvést, že francouzská jaderná energie představovala v roce 2007 78 % celkové výroby elektrické energie ve Francii. Tendence růstu počtu jaderných elektráren se ve světě každoročně zvyšovala, mezi roky 1970-1990, o 17 %. Mezi roky 1990-2004 se tendence růstu snížila na 2 %, pravděpodobně následkem Černobylu (IEA Energy Technology Essentials, 2007).

Počet a typ reaktorů ve výstavbě na světě (2014)



Počet a typ reaktorů ve výstavbě na světě (2014) (Graf 4) (Technology Roadmap, 2014)

## 12 Ekonomicko-technologické aspekty jaderné energetiky

Trvalý růst světových emisí CO<sub>2</sub> oživil diskuzi o větším využití jaderné energie. Jaderná energie je osvědčená technologie pro rozsáhlé pokrytí základního výkonu při výrobě elektřiny. Snižuje závislost na dovozu fosilních paliv a snižuje emise CO<sub>2</sub> (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *World energy outlook 2006*, 2006).

Při doporučeném scénáři se odhaduje, že světová výroba energie z jádra by měla vzrůst z 368 GW (2005) na 416 GW (2030).

Při alternativním, politicky podmíněném scénáři budou i při velkém využití jaderných elektráren emise CO<sub>2</sub> v roce 2030 představovat pouze 10 % z předpokládaného množství CO<sub>2</sub>, které budou emitovat tepelné elektrárny. Dle tohoto scénáře další investice do jaderné energie zvýší její výrobní kapacitu v roce 2030 na 519 GW (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *World energy outlook 2006*, 2006).

Elektřina z jádra vychází levněji než ze zemního plynu, pokud se však ceny za zemní plyn pohybují od 1,6 do 1,9 centů USD za kWh. Úplně nejlevnějším zdrojem pro výrobu elektrické energie vychází uhlí, pokud se tedy ceny za uhlí nepohybují nad \$70 za tunu anebo investice do jádra méně než \$2 000 za kWh.

Jaderné elektrárny by byly více konkurenceschopné, pokud by se uplatnily uhlíkové daně za emise CO<sub>2</sub> (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *World energy outlook 2006*, 2006). Zavedení a uplatnění uhlíkové daně však není v kompetenci jaderného odvětví energetiky, tudíž je nemůže nijak ovlivnit. Její zavedení a uplatnění je součástí vnějšího prostředí, kterým jaderná energetika čelí (Kidd, 2013).

Další výhodou, která mluví pro jadernou energii je její výrobní cena, která je méně ovlivněna změnou cen na palivo než výrobní cena energie ze zemního plynu a uhlí. Zásoby uranu jsou hojné a rozprostřené po Zemi. Tyto dva faktory dělají z jaderné energie cennou alternativu energetické bezpečnosti dodávek elektřiny (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *World energy outlook 2006*, 2006).

Jaderné elektrárny jsou finančně náročné. Vyžadují investice pohybující se mezi \$2-3,5 mld. za reaktor (Graf 5). Aby mohl soukromý sektor investovat do takového projektu, měl by stát usilovat o snížení investičních rizik. Pokud má jaderné odvětví energetiky být úspěšné, bude pro něj nejdůležitější se vypořádat s vysokými základními investicemi. Na rozdíl od zavedení a uplatnění uhlíkové daně snížení cen investic do kompetencí jaderného odvětví energetiky spadá (Kidd, 2013).

Nelze předpokládat, že by zásoby uranu omezovaly budoucí rozvoj jaderných technologií pro výrobu elektrické energie. Prokázané zásoby mají bez problému pokrýt požadavek na jaderné palivo i pro příští staletí. Při aplikaci rychlých množivých reaktorů, při dnešní spotřebě paliva tyto zásoby budou dostatečné pro budoucí tisíceletí.

Investice do uranové těžby a výroby jaderného paliva se musí strmě zvýšit k naplnění předpokládaných potřeb.

Ekonomika není jediným určujícím faktorem pro stavbu nových jaderných elektráren. Bezpečná likvidace jaderného odpadu a riziko jeho šíření, jsou opravdovými výzvami, které je třeba vyřešit pro uspokojení veřejnosti, jinak budou bránit rozvoji nové jaderné elektrárny (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *World energy outlook 2006*, 2006).



Pochybnosti veřejnosti musí být řešeny, ale jaderná energie se pouze stane důležitější, pokud vlády států, ve kterých je jaderná energie přijatelná, umožní soukromé investice (Nuclear energy roadmap, 2010).

Cílovým plánem jaderné energetiky je zvýšit instalovaný výkon jaderných elektráren v roce 2050 na 1 200 GW. Roční produkce elektřiny se má pohybovat kolem 10 000 TWh. Toto množství by představovalo cca 24 % světové produkce elektřiny a jaderná energie by se stala největším zdrojem elektřiny (Nuclear energy roadmap, 2010).

Plán rozvinutí jaderné energie do roku 2050 nebude vyžadovat velké technologické průlomy, avšak další technologický rozvoj zejména v oblasti bezpečnosti, přispěje ke konkurenceschopnosti jádra (Nuclear energy roadmap, 2010).

Politická podpora a přijetí veřejností jsou hlavními požadavky pro uskutečnění programů týkajících se jaderné energie společně s jasným a stabilním závazkem k jaderné energii národní energetické politiky.

Velké investice pro stavbu jaderných elektráren jsou největší výzvou pro mnohé státy, kterou budou muset vlády v některých případech řešit (Nuclear energy roadmap, 2010).

Existuje však neodkladná potřeba posílit jadernou pracovní sílu pro pokrytí budoucích požadavků prostřednictvím investic do školení a výcviku personálu (Nuclear energy roadmap, 2010).

Průmyslové kapacity pro stavbu jaderných elektráren se musí podstatně zvýšit. Kapacity pro produkci uranu a palivový cyklus se též musí zvýšit. (Nuclear energy roadmap, 2010)

Nakládání a odstranění jaderného odpadu je důležitou součástí všech jaderných programů.

Musí se udělat velký pokrok ve stavbě a v provozních zařízeních sloužících k odstranění vysoce radioaktivních odpadů (Nuclear energy roadmap, 2010).

Mezinárodní bezpečnostní systém zaměřený na citlivé jaderné materiály a technologie musí být zachován a zesílen.

Pokročilé jaderné technologie, které jsou dnes ve vývoji, potenciálně nabízí výhody oproti současným technologiím. První mohou být připraveny ke komerčnímu provozu po roce 2030, avšak nelze očekávat, že by představovaly velký podíl jaderné kapacity dříve než v roce 2050 (Nuclear energy roadmap, 2010).

V současnosti bude mezi klíčové požadavky rozvoje jaderné energetiky zahrnuto:

Prokázání schopnosti postavit nejnovější jadernou elektrárnu včas a podle plánovaného rozpočtu.

Rozvíjení průmyslové kapacity a zabezpečení zdroje odborníků, aby podpořily trvalý růst jaderné kapacity.

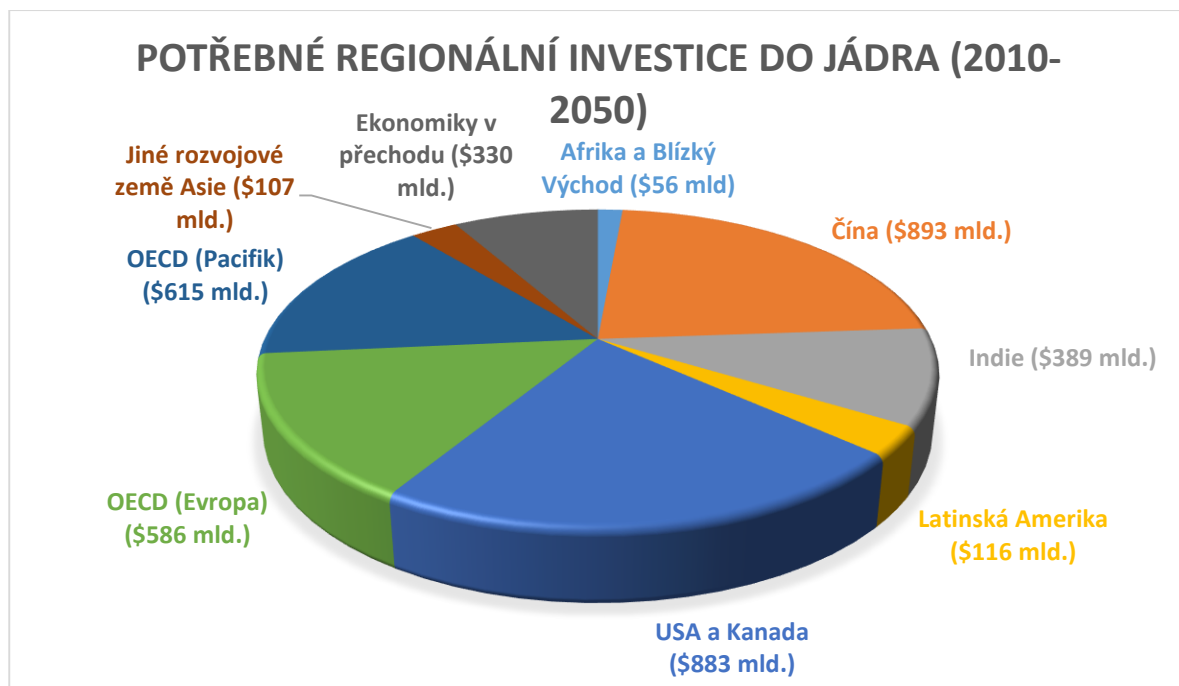
Založení potřebných legislativních rámců a úřadů ve státech kde ještě nejsou.

Podporování účasti investorů soukromého sektoru v jaderných projektech.

Učinění pokroku v zavádění plánů pro trvalé odstraňování vysoce radioaktivních odpadů.

Zlepšení veřejného dialogu k informování zúčastněných stran o roli jádra v energetické strategii.

Rozšíření dodávky jaderného paliva společně se zvýšenou kapacitou pro výrobu jaderné energie (Nuclear energy roadmap, 2010).



Místní potřebné investice do jádra (Graf 5) (Nuclear energy roadmap, 2010)

### **13 Sopečná aktivita v oblasti AJE**

V roce 1994 a 1995 zkoumaly arménské ústavy geologickou stabilitu, seizmické a sopečné nebezpečí v oblasti AJE. Výzkumné práce byly provedeny za technické podpory IAEA v rámci projektu ARM/9/002. Studie sopečného nebezpečí byly poprvé provedeny v roce 1994 a 1995 Ústavem geologických věd Akademie věd Arménie a za technické podpory IAEA (Projekt ARM/9/002). Studie trvaly čtyři měsíce a byly provedeny za omezených vědeckých, finančních a organizačních zdrojů. Výsledky prací, schválené odborníky IAEA, vyloučily pravděpodobnost povrchového poškození oblasti jaderné elektrárny. Sopečné nebezpečí bylo vyhodnoceno jako relativně nízké. IAEA doporučilo pokračovat ve studiích tektoniky, povrchového poškození, seizmicity a zejména sopečného nebezpečí, jelikož databáze nebyla dostačující. V roce 2000 a 2002 bylo přehodnoceno sopečné nebezpečí v oblasti jaderné elektrárny a byly použity nové výsledky krátkých, terénních studií, dálkových průzkumů Země, radiometrického určení stáří a geologická data z prací řady sovětských geologů (Karakhanian, Jrbashyan, Trifonov, et al., 2003).

Poslední mise IAEA, která se uskutečnila v roce 1995, předpokládá dle geochronologických dat, že k poslední aktivitě došlo 25 km od AJE v období před 1-0,7 milion let. Experti IAEA se domnívají, že v brzké době oblast v dosahu 25 km od AJE nebude ovlivněna.

Soudě podle absence údajů o sopečné aktivitě v minulosti a zvážení geochronologických a geologických dat, lze říci, že pravděpodobnost opětovné, sopečné aktivity je za života elektrárny zanedbatelná. IAEA avšak kvůli malému množství dat, podporujících tento závěr, učinila několik doporučení k doložení a doplnění posudku sopečného nebezpečí, pro potvrzení tohoto závěru (Karakhanian, Jrbashyan, Trifonov, et al., 2003).

Na území dnešní Arménie se nachází nespočet sopek, které byly aktivní v dávné minulosti, avšak důkaz jejich katastrofální bdělosti se moc nepotvrzuje. Dálkový průzkum Země a terénní studie umožňují dnes spatřit jen tři zřetelná zarovnaní sopek (Karakhanian, Jrbashyan, Trifonov, et al., 2003).

## **14 Závěry**

Jaderné elektrárny a tudíž i Arménská jaderná elektrárna je ve srovnání s tepelnými elektrárnami z ekologického hlediska (ochrany ovzduší) bezpečnější, emituje menší množství skleníkových plynů.

Pro energetickou bezpečnost a soběstačnost Arménie bylo lepší se připojit k EACU, která ukládala mírnější podmínky pro vstup než dohoda o asociaci s EU.

Čedičový blok pod AJE nebyl ničivým zemětřesením z roku 1988 nijak poškozen.

Oblast v rozsahu 25 km od AJE, podle předpokladů IAEA, nebude v brzké budoucnosti zasažena sopečnou činností.

Přestože by měla již dávno být započata stavba nového bloku AJE, dodnes se tento projekt nehnul ani na krok z místa.

Arménská jaderná elektrárna je pro prosté Armény „symbolem“ zlepšení životní úrovně.

Arménie přestože má velký potenciál využívat i jiné zdroje energie (vodní, větrnou, sluneční), necítí potřebu jejich rozsáhlého využití.

Hlavní obchodovatelnou komoditou Arménie je elektrická energie.

Důležitými a hlavními partnery Arménie v oblasti energetiky jsou Rusko a Írán.

Největším problémem pro realizaci projektu stavby reaktoru Arménie-3 jsou nedostatečné finanční prostředky.

Arménská jaderná elektrárna nebude uzavřena do roku 2026.

## 15 Literatura a odkazy

**ABOVYAN, A., ARZUMANYAN, T.:** Country report: Armenia. 2014. Dostupné z:

[https://ener2i.eu/page/34/attach/0\\_Armenia\\_Country\\_Report.pdf](https://ener2i.eu/page/34/attach/0_Armenia_Country_Report.pdf), s. 1-8

**CHAČATRIAN, A.:** *Energetika Armenii: regional'nyj igrok bez sobstvënných energoresursov.*

Central'naja Azija i Kavkaz. 59. 2008. Dostupné z: <http://cyberleninka.ru/article/n/energetika-armenii-regionalnyy-igrok-bez-sobstvennyh-energoresursov>, s. 116-119

**KARAKHANIAN, A., R. JRBASHYAN, V. TRIFONOV, et al.:** Volcanic hazards in the region of the Armenian Nuclear Power Plant. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* [online].

2003, **126**(1-2), 31-62 [cit. 2016-07-04]. DOI: 10.1016/S0377-0273(03)00115-X. ISSN 03770273.

Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S037702730300115X>, s. 31-34

**KIDD, Stephen W.:** Nuclear power – Economics and public acceptance. *Energy Strategy*

*Reviews* [online]. 2013, **1**(4), 277-281 [cit. 2016-07-17]. DOI: 10.1016/j.esr.2013.03.006. ISSN

2211467x. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2211467X13000394>, s. 277-281

**MEREDITH, S. B.:** *Nuclear Energy Safety and International Cooperation: Closing the world's most dangerous reactors.* 1. New York: Routledge, 2015. ISBN 1138018503. Dostupné z:

[https://books.google.cz/books?id=eO4ABAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbs\\_atb#v=onepage&q&f=false](https://books.google.cz/books?id=eO4ABAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false), s. 60

**RAČEK, J.:** *Jaderné elektrárny.* 1. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2002. ISBN 80-214-2158-4., s. 29-31, 117-119

**SARKSIAN, V., GNUNI, T.:** *Armjanskaja energosistëma: sovremennoje sostojanije, perspektivy*

*razvitiya, voprosy regional'noj integracii.* Jevrazijskaja Ekonomičeskaja Integracija. 5. 2009. Dostupné

z: <http://cyberleninka.ru/article/n/armjanskaya-energositema-sovremennoe-sostoyanie-perspektivy-razvitiya-voprosy-regionalnoy-integratsii>, s. 106, 109, 117

**SARUCHANJAN, S.:** *Energetičeskaja bezopasnost' Armenii: osnovnyje dostizhenija i vyzovy.*

Central'naja Azija i Kavkaz. 3. 2011. Dostupné z: <http://cyberleninka.ru/article/n/energetičeskaja-bezopasnost-armenii-osnovnye-dostizheniya-i-vyzovy>, s. 202-204

**SARUCHANJAN, S.:** *Perspektivy armjanskoy energetiki v kontekstë ingracionnyh projektov.* 29. 21.

vëk. 2013. Dostupné z: <http://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-armjanskoy-energetiki-v-kontekste-integratsionnyh-proektov>, s. 21-29

Official report of debates: *2005 ordinary session (second part)*. 2. Strasbourg: Council of Europe Publishing, 2005. ISBN 9287157561. Dostupné z:

<https://books.google.cz/books?id=PdcGnliD1gwC&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbv=onepage&q&f=false>, s. 418

Adolf Birkhofer: Armenian power plant is absolutely safe:

<http://armenpress.am/eng/news/823498/adolf-birkhofer-armenian-nuclear-power-plant-is-absolutely-safe.html>

An Energy Overview of the Republic of Armenia:

[http://www.geni.org/globalenergy/library/national\\_energy\\_grid/armenia/EnergyOverviewofArmenia.shtml](http://www.geni.org/globalenergy/library/national_energy_grid/armenia/EnergyOverviewofArmenia.shtml)

Armenia (2012): <http://www.reegle.info/profiles/AM>

„Armenia pushes on with life extension”: <http://www.neimagazine.com/news/newsarmenia-pushes-on-with-life-extension-4793437/>

Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2013: [http://www-](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2013_CD/countryprofiles/Armenia/Figures/CNPP%20ARMENIA%202013.pdf)

[pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2013\\_CD/countryprofiles/Armenia/Figures/CNPP%20ARMENIA%202013.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2013_CD/countryprofiles/Armenia/Figures/CNPP%20ARMENIA%202013.pdf)

Country Nuclear Power Profile: Armenia, 2014: [http://www-](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2014_CD/countryprofiles/Armenia/Figures/ARMENIA%20CNPP_2014_v2.pdf)

[pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2014\\_CD/countryprofiles/Armenia/Figures/ARMENIA%20CNPP\\_2014\\_v2.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2014_CD/countryprofiles/Armenia/Figures/ARMENIA%20CNPP_2014_v2.pdf)

„Government extends service life of Metsamor NPP for another ten years“, 2012:

[http://arka.am/en/news/economy/government\\_extends\\_service\\_life\\_of\\_metsamor\\_npp\\_for\\_another\\_ten\\_years/](http://arka.am/en/news/economy/government_extends_service_life_of_metsamor_npp_for_another_ten_years/)

IEA Energy Technology Essentials. Dostupné z:

<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/essentials4.pdf>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *World energy outlook 2006*. 2006 ed. Paris: OECD/IEA, 2006. ISBN 9264109897. Dostupné z:

<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/weo2006.pdf>, s. 343-346, 348

„Is Armenia ‘s Nuclear Plant the World ‘s Most Dangerous?“ :

<http://news.nationalgeographic.com/news/energy/2011/04/110412-most-dangerous-nuclear-plant-armenia/>

National Program on Energy Saving and Renewable Energy of Republic of Armenia, 2007:

[http://r2e2.am/wp-content/uploads/2011/07/National\\_Program\\_eng.pdf](http://r2e2.am/wp-content/uploads/2011/07/National_Program_eng.pdf)

Nuclear energy roadmap. Dostupné z:

[http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/nuclear\\_foldout.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/nuclear_foldout.pdf)

Nuclear power in Armenia: <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/armenia.aspx>

Select Committee on Environmental Audit:

<http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200506/cmselect/cmenvaud/584/5111706.htm>

Technology Roadmap. Dostupné z:

[https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TechnologyRoadmapSolarPhotovoltaicEnergy\\_2014edition.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TechnologyRoadmapSolarPhotovoltaicEnergy_2014edition.pdf)